

Autonomní mobilní robot

Tým: Snad dojedem

Autoři: Vitoslavský Ondřej
Piskoř Dominik
Tkadlec Prokop
Viater Dominik

Obsah

Úvod.....	3
Hardware.....	3
Model.....	4
Deska s optočleny.....	5
Motory a kola.....	6
Řešení přerušení čáry.....	7
Kamera a snímání překážek.....	7
Závěr.....	8

Úvod

Cílem práce je navrhnout autonomního mobilního robota, který dokáže sledovat černou izolační pásku na bílém podkladu. Zároveň dokáže kamerou snímat překážky vyskytující se na pásce a srážet je nebo se jim vyhýbat v závislosti na typu překážky. Překážky jsou dvojího typu a to zombie (zelená překážka) a silničář (červená překážka).

Hardware

Robot obsahuje následující hardware:

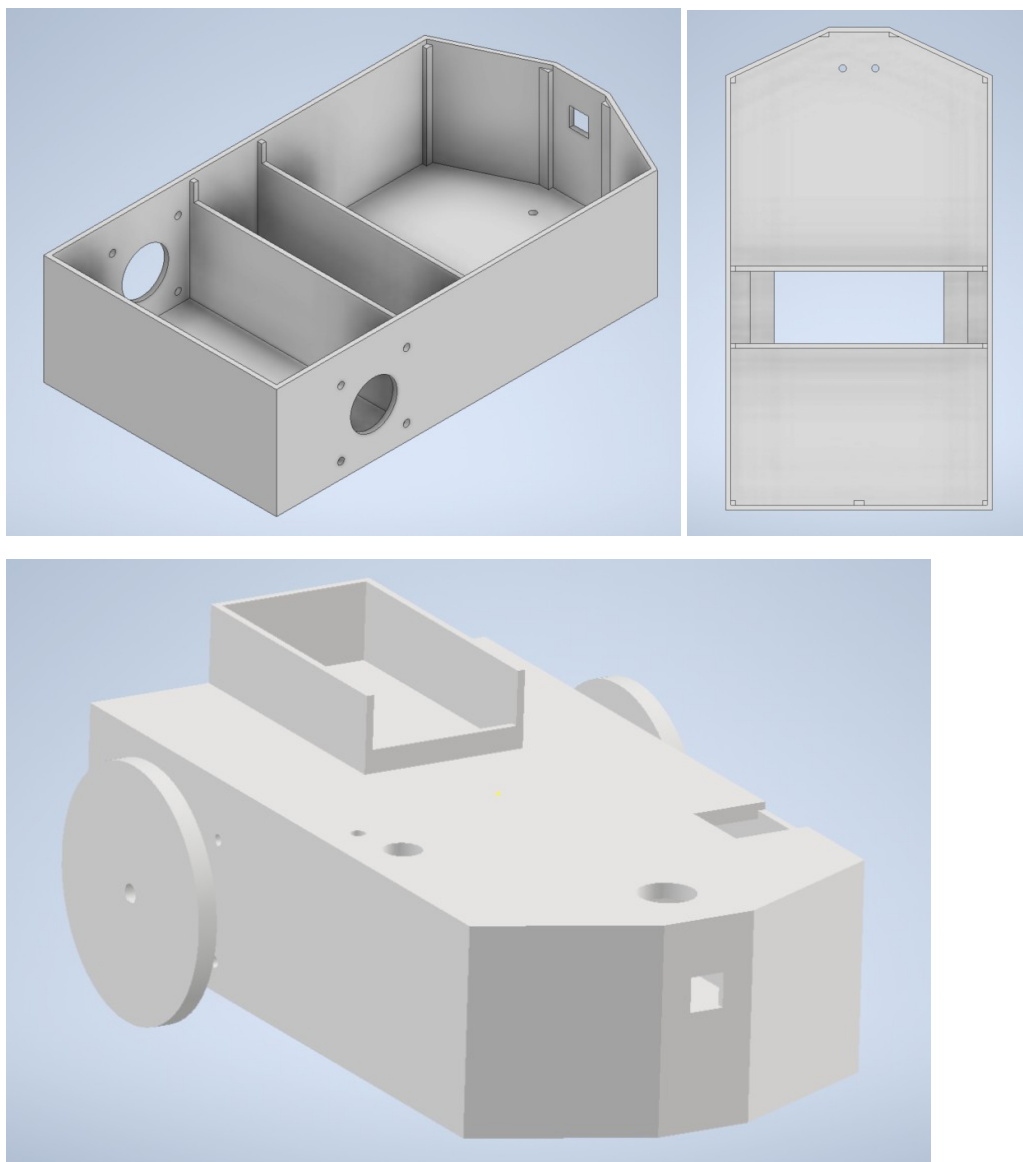
- Šasi a střechu
- Vyhodnocovací jednotku (RaspberryPi 4)
- Rozšiřovací desku s I2C, GPIO a ADC (Mainboard)
- Modul KM2 pro řízení krokových motorů
- Dva krokové motory pro diferenciální podvozek
- Desku se dvěma optočleny a LED
- Kameru
- Baterie li-pol 18650

Model

Šasi vozidla je vyrobená technologií 3D tisku z materiálu PLA. Zatímco šasi je tištěna s infilem 100%, střecha je tištěna pouze s 20 %. Šasi se skládá ze tří oddělených částí: část pro motory a kameláž k nim vedoucí, část pro desku s optočleny a poslední část je určena pro Raspberry, modul pro ovládání krokových motorů a kameru.

Vzdálenost optočlenů od osy motorů byla zvolena 40mm, tedy nejmenší, které bylo možno s testovací deskou dosáhnout. Šasi rovněž obsahuje otvory pro kameru, pro krokové motory a montáž všesměrové kovové kuličky která je použita jako třetí opěrný bod celého robotu

Střecha obsahuje otvory na napájecí adaptér, kabely pro připojení baterie a otvor pro tlačítka umístěné na Raspberry. Na vrchní straně střechy je bateriový držák navržen pro 4 kusy lithiových článků.



Deska s optočleny

Deska je použita testovací, tedy ta, kterou měli k dispozici všechny týmy. Obsahuje dva optočleny a dvě bílé LED, zajišťující stálé pracovní podmínky při různé intenzitě okolního osvětlení.

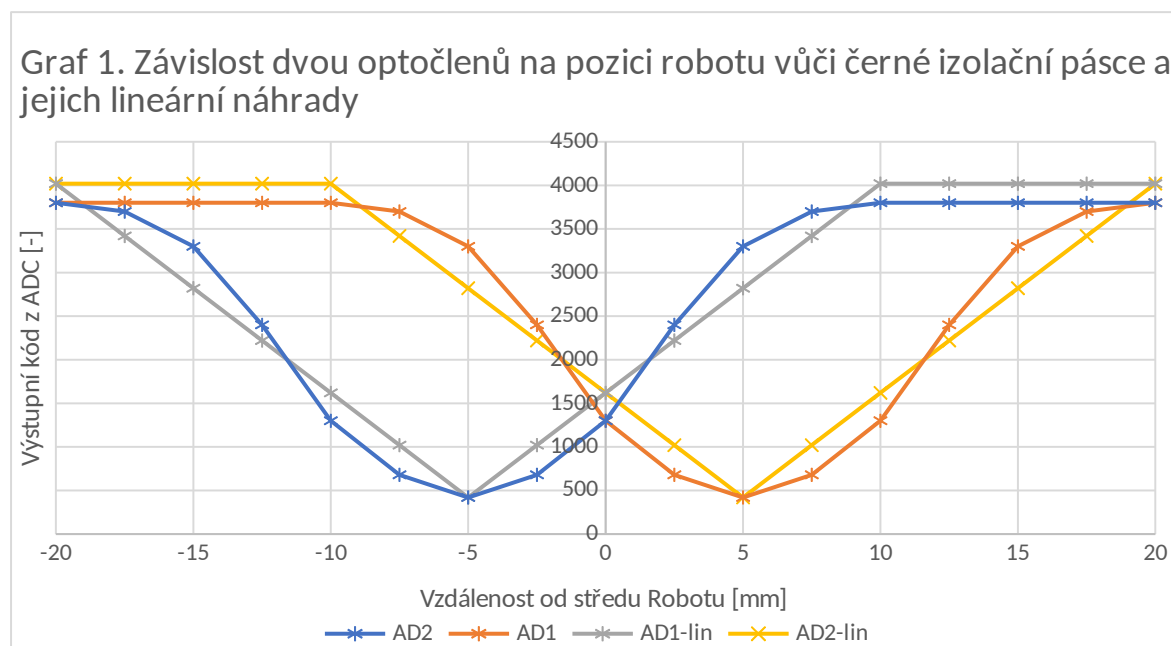
Umístění optočlenů bylo zvoleno 12 mm od podlahy a každý z optočlenů je vzdálený 5 mm od středu robotu. Na grafu č 1. je vidět závislost dvou optočlenů na vzdálenosti od středu izolační pásky a jejich lineární náhrady, které jsou použity při výpočtech vzdálenosti programu.

Pro výpočet vzdálenosti jsou třeba 4 základní body:

1. Maximální hodnota z ADC (bílý papír).
2. Minimální hodnota z ADC (černá izolační páska – nesmí být měřeno na křižovatce).
3. Hodnota, ve které se obě charakteristiky protnou (vzdálenost středu robotu od pásky je 0 mm).
4. Hodnota jednoho optočlenu, při které je druhý optočlen ve své minimální hodnotě.

Způsob vyhodnocování

Najde se optočlen s nejmenší výstupní hodnotou, tedy ten, který je nejbližší izolační pásce. Poté se zjistí, jestli je hodnota na druhém optočlenu větší nebo menší než základní bod č. 4. – pokud je tato hodnota menší než základní bod č. 4, nachází se střed robotu do 5 mm od středu izolační pásky (v Grafu č. 1 oblast -5 až 0 mm nebo 0 až 5 mm). Je-li tato hodnota naopak větší, tak je střed robotu více než 5 mm vzdálený od izolační pásky (v Grafu č. 1 oblast -20 až -5 mm nebo 5 až 20 mm).



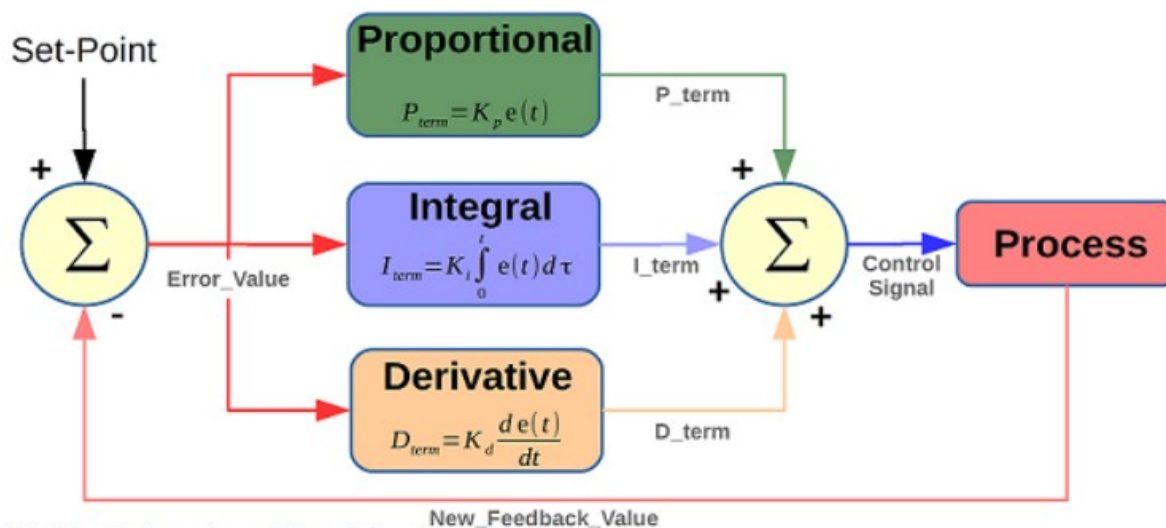
Motory a kola

V robotu jsou použity dva krokové motory SX17-1005-QCEF, které jsou ovládány modulem KM-2, se kterým se komunikuje za pomoci I²C. Kola robotu mají průměr 65 mm, jsou od sebe vzdáleny 135 mm, každé tedy 67,5 mm od středu robotu.

Pro zpětnovazební regulaci úhlové rychlosti a tedy vzdálenosti středu robotu od izolační pásky je použit PS regulátor se složkou $K_p=0,5$ a $K_i=0,9$. Zesílení složky **P** bylo navrženo na takovou hodnotu, při které dokázal robot bez problémů projet zatáčkou o průměru 50 mm při rychlosti

$$v = \frac{s}{t} = \frac{\text{obvo } d_{\text{kola}}}{1 \text{ s}} = \frac{200 \text{ mm}}{1 \text{ s}} = 20 \text{ cm} * \text{s}^{-1}.$$

Zesílení složky **I** pak bylo navrženo tak, aby se zpomalil regulační děj a tedy zlepšila plynulost jízdy robotu. Zavedení složky **D** do regulátoru způsobovalo rozkmitání robotu, především však při najetí do křižovatky nebo rozdělení. Složka **D** byla proto odebrána.



Ovládání lineární rychlosti robotu je realizováno druhým regulátorem, ten má však pevně nastavenou žádanou hodnotu. Je tedy použit pouze pro plynulý rozjezd po startu robotu. Regulace lineární rychlosti v závislosti na průměru zatáčky se nepodařilo odladit z důvodu řešení případu, kdy by mohlo dojít k přerušení vodící čáry v zatáčce.

Řešení přerušení čáry

Robot si po celou dobu jízdy uchovává úhlové rychlosti za posledních 500 ms (doba běhu hlavní supersmyčky je 50 ms). V případě ztráty kontaktu s izolační páskou se robot podívá do paměti jakou měl úhlovou rychlost před tím, než z pásky vyjel a s touto úhlovou rychlostí pokračuje. Po najezení robotu zpět na pásku se vrací do původního režimu jízdy.

Kamera a snímání překážek

Robot má snímat a vyhodnocovat dva typy překážek a to Silničáře a Zombie. Z důvodů zmenšení doby běhu supersmyčky byla větev pro vyhodnocení zombie zcela odebrána.

Použitá knihovna `bpc_prp_opencv_lib`

Postup zpracování a vyhodnocení:

1. Pořízení fotky
2. Rozmazání snímku kvůli redukci šumu
3. Zmenšení fotky kvůli zmenšení potřebného výpočetního výkonu
4. Rozdělení na **BGR** složky, ze kterých nás tedy zajímá pouze složka **R** – červená
5. Převod původní fotky z **BGR** na odstíny šedi (**GREY**)
6. Threshold červené složky na **R** obrázku na 150/255 a šedé složky na **GREY** na 100/255
7. Vytvoření masky, tedy průnik obrázku **R** a negace obrázku **GREY**, dojde tedy k odstranění všech bílých objektů, které se ve složce **R** jeví také jako červené. Tím dostaneme obrázek (matici) ve které se nachází pouze oblastí, ve kterých původně červená barva skutečně byla.
8. Vytvoření kernelu a použití morfologie otevírání (opening) kdy se nejdříve na obrázek aplikuje eroze a poté dilatace. Erozí se zbavíme malých oblastí, které mohou být způsobeny například odrazy od stěn v pozadí. Dilatací pak zvětšíme všechny zbylé objekty, které v ideálním případě „srostou“ v jeden objekt (za předpokladu, že kamera opravdu zabírá jen jednu překážku).
9. Vyhodnocení počtu, pozic a velikostí jednotlivých objektů vzniklých na konečném obrázku.

Způsob objetí překážky:

V momentě, kdy je překážka před robotem vyhodnocena jako červená (silničář) je zahájena nová větev programu. V té se robot otočí o 90 stupňů a obloukem o průměru přibližně 30 cm překážku začne objíždět. Zastaví se tehdy, najede-li zpět na černou pásku, kde se otočí do původního směru jízdy a pokračuje dále. Objekt selže v případě, že se nachází více izolačních pásek vedle sebe, Robot se totiž napojí na první pásku, na kterou narazí.

Závěr

Robot dokáže následovat černou pásku na bílém podkladu (popřípadě podkladu jiné barvy, za předpokladu předchozí kalibrace). Dokáže se vyhnout červené překážce stojící na pásce a najet za překážkou zpět na pásku a pokračovat v jízdě. Dokáže pokračovat v jízdě po úmyslném přerušení pásky a to jak při přímé jízdě, tak v zatáčkách.